

#2

Docket No. 1186.1015/JDH

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:)
Kenzo FUKUYOSHI, et al.)
Serial No.: NEW)
Filed: January 24, 2001)
Group Art Unit: Unassigned
Examiner: Unassigned

JC929 U.S. PTO
09/768454
01/25/01

For: **SOLID IMAGE-PICKUP DEVICE
AND METHOD OF MANUFACTURING
THE SAME**

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

*Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231*

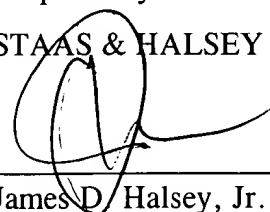
Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, the applicants submit herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2000-017329, filed January 26, 2000.

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,
STAAS & HALSEY LLP



Date: January 24, 2001

By: _____

James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

700 11th Street, N.W., Ste. 500
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JCS29 U.S. PTO
09768454
01/25/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 1月26日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-017329

出 願 人
Applicant (s):

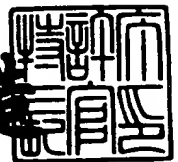
凸版印刷株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 1月12日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 進



出証番号 出証特2000-3111012

【書類名】 特許願

【整理番号】 P0991150

【提出日】 平成12年 1月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 31/0232
G02B 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

【氏名】 福吉 健蔵

【発明者】

【住所又は居所】 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

【氏名】 石松 忠

【発明者】

【住所又は居所】 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

【氏名】 北村 智史

【特許出願人】

【識別番号】 000003193

【氏名又は名称】 凸版印刷株式会社

【代表者】 藤田 弘道

【電話番号】 03-3835-5533

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003595

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 固体撮像素子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも光電変換素子と、平坦化層と、カラーフィルタと、アンダーコート層と、マイクロレンズが 2 次元的に配置されたマイクロレンズアレイとを備える固体撮像素子において、前記マイクロレンズアレイ対角方向の前記マイクロレンズ間の透明樹脂層の厚み ($D \times y$) が前記マイクロレンズアレイ辺方向の前記マイクロレンズ間の透明樹脂層の厚み (D) より薄く形成されており、且つ、前記マイクロレンズアレイ辺方向の前記マイクロレンズ間のギャップが $0.3 \mu\text{m} \sim 0.005 \mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とする固体撮像素子。

【請求項 2】

前記マイクロレンズは凸形状の樹脂レンズ上に透明樹脂層を形成した 2 層構成からなっており、前記透明樹脂層の膜厚が $0.3 \mu\text{m} \sim 0.01 \mu\text{m}$ の範囲であって、前記マイクロレンズが形成されているアンダーコート層の前記マイクロレンズアレイ辺方向及び対角方向の前記マイクロレンズ間に深さ $1.5 \mu\text{m} \sim 0.05 \mu\text{m}$ の凹みを設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像素子。

【請求項 3】

前記アンダーコート層は前記樹脂レンズの基材よりエッチングレートの高い透明樹脂で形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の固体撮像素子。

【請求項 4】

前記マイクロレンズアレイ辺方向の前記樹脂レンズ間のギャップが $0.6 \mu\text{m}$ 以下に形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のうちいずれか一項に記載の固体撮像素子。

【請求項 5】

以下の工程を少なくとも備えることを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

(a) 半導体基板に光電変換素子、遮光部、平坦化層、カラーフィルタ、平坦化層及びアンダーコート層を形成する工程。

(b) 前記アンダーコート層上にレンズ材料を塗布し感光性樹脂層を形成し、露光・現像処理して樹脂パターン層を形成する工程。

(c) 前記樹脂パターンを熱フローさせて樹脂レンズを形成する工程。

(d) 前記樹脂レンズ間の露出した前記アンダーコート層をエッチングして凹みを形成する工程

(e) 前記樹脂レンズ及び前記アンダーコート層上に透明樹脂を塗布してマイクロレンズ及びマイクロレンズアレイを形成し、固体撮像素子を形成する工程。

【請求項 6】

前記アンダーコート層の凹みの深さを $1.5 \mu\text{m} \sim 0.05 \mu\text{m}$ の範囲にすることを特徴とする請求項 5 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 7】

前記透明樹脂層の膜厚を $0.3 \mu\text{m} \sim 0.01 \mu\text{m}$ にすることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の固体撮像素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、C-MOS や CCD 等の受光素子に代表される固体撮像素子及び固体撮像素子上に形成されるマイクロレンズに関し、特に、マイクロレンズの実効的な開口率を上げることによる感度向上及びスミアを低減した固体撮像素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

CCD などの受光素子の光電変換に寄与する領域（開口部）は、素子サイズや画素数にも依存するが、その全面積に対し $20 \sim 40\%$ 程度に限られてしまう。開口部が小さいことは、そのまま感度低下につながるため、これを補うために受光素子上に集光のためのマイクロレンズを形成することが一般的である。

しかしながら、近時、200 万画素を超える高精細 CCD 固体撮像素子への要求が強くなり、これら高精細 CCD において付随するマイクロレンズの開口率低下（すなわち感度低下）及びスミアなどのノイズ増加が、大きな問題となってきた。

ている。

【 0 0 0 3 】

マイクロレンズ形成技術については、公知の技術として例えば、特開昭 6 0 - 5 3 0 7 3 号公報に比較的詳細に示されている。さらに、特開昭 6 0 - S 3 0 7 3 号公報には、レンズを丸く半球状に形成する技術として熱フローによる樹脂の熱流動性（熱フロー）を用いた技術、また、いくつかのエッチング技術によりレンズを加工する技術も詳細に開示されている。加えて、レンズ表面に PGMA などの有機膜や OCD (SiO_2 系) の無機膜の形成なども開示されている。

樹脂レンズ上にレンズ材との屈折率差のある薄膜を積層する技術は、特開平 5 - 4 8 0 5 7 号公報や前記の特開昭 6 0 - 5 3 0 7 3 号公報に既に開示されている。

【 0 0 0 4 】

固体撮像素子の高精細化は、 $5 \mu\text{m}$ ピッチ以下のマイクロレンズの配列及び $0.3 \mu\text{m}$ 以下のマイクロレンズ間ギャップ（以下、レンズ間ギャップと称す）が要求されてきている。しかし、一般にマイクロレンズは、感光性樹脂を用いてフォトリソグラフィーと熱フロー技術を併用して形成しており、これら技術からくる制約で、そのマイクロレンズの辺方向のレンズ間ギャップは $1 \mu\text{m}$ からせいぜい $0.4 \mu\text{m}$ である。レンズ間ギャップを $0.3 \mu\text{m}$ 以下にすると隣り合うマイクロレンズがそれぞれのレンズエッジでくっつき、ムラ不良となることが多く、量産レベルの安定生産技術とはならない。こうした従来技術からくる制約は、高精細化に伴うマイクロレンズの開口率低下、換言すると固体撮像素子の感度低下につながる問題を有している。

【 0 0 0 5 】

マイクロレンズのくっつきを避けるための安定生産技術、あるいは高開口率技術として、前記の特開昭 6 0 - 5 3 0 7 3 号公報、特開平 6 - 1 1 2 4 5 9 号公報、特開平 9 - 4 5 8 8 4 号公報などのエッチングを利用した“溝方式”と呼ばれる技術が開示されているが、これら技術はマイクロレンズ間に凹部の形成は可能であるものの、 $0.3 \mu\text{m}$ 以下の狭ギャップにはなりにくい。すなわち、マイクロレンズを母型としてドライエッチなどによりエッチングしていくため、基本

的にレンズ形状がなだらかに、同時に凹部も丸く広がる傾向に加工されてしまう。等方性エッチング、異方性エッチングいずれも母型パターンより基本的には、より狭ギャップに加工するものでない。さらに、特開平6-112459号公報に開示されている“構方式”は、 $1\mu\text{m}$ レベルの広いギャップにて効果が出るもので、 $0.3\mu\text{m}$ 以下の狭ギャップを再現できるものではない。これらの技術は、基本的にマイクロレンズ間の形状をなめらかに加工する技術である。

【0006】

樹脂レンズ上に、等方的に無機膜や樹脂膜を堆積形成して狭ギャップを達成しようとする技術は、たとえば尿素樹脂を蒸着機をもちいて合成蒸着する方法や特開平5-48057号公報に開示されているようにECRプラズマなどのCVDを用いて堆積する方法などがある。しかし、これら技術は、高価な真空装置やCVD装置を使用する必要があり、簡便な方式といえず大幅なコストアップとなる方法である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記の問題点に鑑み考案されたもので、 $0.3\mu\text{m}$ 以下のマイクロレンズ間のギャップを達成し、感度向上及びスミアを低減できる固体撮像素子を提供することを目的とし、マイクロレンズアレイ対角方向の集光効果をカバーし、対角方向のマイクロレンズ間の平坦部の光反射による固体撮像素子の特性低下を解消する技術を極めて簡便な手法で提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明に於いて上記課題を達成するために、まず、請求項1においては、少なくとも光電変換素子と、平坦化層と、カラーフィルタと、アンダーコート層と、マイクロレンズが2次元的に配置されたマイクロレンズアレイとを備えてなる固体撮像素子において、前記マイクロレンズアレイ対角方向の前記マイクロレンズ間の透明樹脂層の厚み $D \times y$ が前記マイクロレンズアレイ辺方向の前記マイクロレンズ間の透明樹脂層の厚み D より薄く形成されており、且つ、前記マイクロレンズアレイ辺方向の前記マイクロレンズ間のギャップが $0.3\mu\text{m} \sim 0.005$

μm の範囲内であることを特徴とする固体撮像素子としたものである。

【0009】

また、請求項2においては、前記マイクロレンズは凸形状の樹脂レンズ上に透明樹脂層を形成した2層構成からなっており、前記透明樹脂層の膜厚が $0.3\mu\text{m}$ ～ $0.01\mu\text{m}$ の範囲であって、前記マイクロレンズが形成されているアンダーコート層の前記マイクロレンズアレイ辺方向及び対角方向の前記マイクロレンズ間に $1.5\mu\text{m}$ ～ $0.05\mu\text{m}$ の凹みを設けたことを特徴とする請求項1に記載の固体撮像素子としたものである。

【0010】

さらにまた、請求項3においては、前記アンダーコート層は前記樹脂レンズの基材よりエッチングレートの高い透明樹脂で形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の固体撮像素子としたものである。

【0011】

さらにまた、請求項4においては、前記マイクロレンズアレイ辺方向の前記樹脂レンズ間のギャップが $0.6\mu\text{m}$ 以下に形成されていることを特徴とする請求項1ないし3のうちいずれか一項に記載の固体撮像素子としたものである。

【0012】

さらにまた、請求項5においては、以下の工程を少なくとも備えることを特徴とする固体撮像素子の製造方法としたものである。

(a) 半導体基板に光電変換素子、遮光部、平坦化層、カラーフィルタ、平坦化層及びアンダーコート層を形成する工程。

(b) 前記アンダーコート層上にレンズ材料を塗布し感光性樹脂層を形成し、露光・現像処理して樹脂パターン層を形成する工程。

(c) 前記樹脂パターン層を熱フローさせて樹脂レンズを形成する工程。

(d) 前記樹脂レンズ間の露出した前記アンダーコート層をエッチングして凹みを形成する工程

(e) 前記樹脂レンズ及び前記アンダーコート層上に透明樹脂を塗布してマイクロレンズ及びマイクロレンズアレイを形成し、固体撮像素子を形成する工程。

【0013】

さらにまた、請求項 6 においては、前記アンダーコート層の凹みの深さを $1.5\ \mu\text{m} \sim 0.05\ \mu\text{m}$ の範囲にすることを特徴とする請求項 5 記載の固体撮像素子の製造方法としたものである。

【0014】

さらにまた、請求項 7 においては、前記透明樹脂層の膜厚を $0.3\ \mu\text{m} \sim 0.01\ \mu\text{m}$ にすることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の固体撮像素子の製造方法としたものである。

【0015】

なお、本発明でのレンズ間ギャップは、マイクロレンズないし樹脂レンズの曲率から凹部にかけての変曲点の位置を目安として、その変曲点間の狭い方（広い方はレンズ開口寸法）の寸法を指す。

【0016】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明の一実施例を示す固体撮像素子の部分平面図を、図 2 は図 1 の平面図を A-A 線で切断した固体撮像素子の部分模式断面図を、図 3 (a) は図 1 の平面図を B-B 線で切断したアンダーコート層及びマイクロレンズの部分模式断面図を、図 3 (b) は図 1 の平面図を C-C 線で切断したアンダーコート層及びマイクロレンズの部分模式断面図をそれぞれ示す。

本発明の固体撮像素子は、図 1 及び図 2 に示すように、半導体基板 11 に光電変換素子 12、遮光部 13、平坦化層 14、カラーフィルタ 15、平坦化層 16 及びアンダーコート層 17 を形成し、さらに、樹脂レンズ 21c 及び透明樹脂層 31 からなるマイクロレンズ 40 及びマイクロレンズアレイ 50 を形成したものである。マイクロレンズ 40 の形成にあたっては、樹脂レンズ 21b を形成した後、樹脂レンズ 21b をマスクレジストにして樹脂レンズ 21b 間のアンダーコート層 17 をエッチングしてマイクロレンズアレイ辺方向の凹み 22 及びマイクロレンズアレイ対角方向の凹み 23 を形成し、透明樹脂層 31 形成後のマイクロレンズアレイ辺方向のマイクロレンズ 40 間のギャップを $0.005 \sim 0.3\ \mu\text{m}$ の範囲にコントロールし、マイクロレンズアレイ対角方向のマイクロレンズ 40 間の透明樹脂層の厚み $D \times y$ をマイクロレンズアレイ辺方向のマイクロレンズ

4 0 間の透明樹脂層の厚みDより薄くなるようにしたものである。

【 0 0 1 7 】

通常、熱フローを利用した樹脂レンズ2 1 bは、マイクロレンズアレイ5 0の対角XY方向にはなだらかになりやすく、レンズ曲率が辺（X又はY）方向と比較して大きくなり、対角方向の集光性が悪くなるが、本発明ではマイクロレンズアレイ5 0の辺方向及び対角方向の樹脂レンズ2 1 c間に凹み2 2及び凹み2 3を設けて、特にマイクロレンズアレイ5 0の対角方向のレンズ効果を増長させ、集光効果を補っている。

【 0 0 1 8 】

さらに、樹脂レンズ2 1 c間の凹み2 2及び凹み2 3の深さを1. 5～0. 0 5 μ mに、樹脂レンズ2 1 c上に形成する透明樹脂層3 1の膜厚を0. 3～0. 0 1 μ mの範囲に制御することにより、マイクロレンズアレイ5 0の辺方向のマイクロレンズ4 0間のギャップ及びマイクロレンズアレイ5 0の対角方向のマイクロレンズ4 0間の透明樹脂層の厚みD x yを制御している。樹脂レンズ2 1 c上に形成する透明樹脂層3 1の膜厚は塗布液の性状を調整して再現する。これは、スミア量の調整やレンズ収差の調整がある程度可能であることを意味する。また、透明樹脂に擬集性の強い樹脂を採用すれば、レンズ形状を強調（より丸く形成）することも、あるいは、透明樹脂の屈折率を調整することより、レンズ表面の光の反射をある程度調整できる。樹脂レンズと透明樹脂の屈折率を同じにすれば、レンズ設計が簡単になる長所もある。

【 0 0 1 9 】

樹脂レンズ2 1 cの形成に用いる樹脂材料は、マイクロレンズ材料、透明樹脂、アンダーコート材料含め、可視域の透明性（可視域透過率）が高く、実用的な信頼性（耐熱性、耐光性、耐熱サイクル等）があれば良く、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂、ウレタン樹脂、メラミン樹脂、エリア樹脂などの尿素樹脂、フェノール樹脂あるいはこれらの共重合物などが使用可能であり、一般には、フェノール系の感光性樹脂あるいは低分子量のメラミン-エポキシ共重合物が用いられる。

【 0 0 2 0 】

請求項 2 に関わる内容は、図 3 (a) 及び図 3 (b) を用いて説明することができる。マイクロレンズアレイ対角方向の樹脂レンズ 2 1 c 間の凹部み 2 3 を、辺方向の凹み 2 2 より深く形成することにより、透明樹脂層 3 1 形成後のマイクロレンズ 4 0 の形状を対角方向にも保持することができる。なお、図 3 (a) に示すマイクロレンズアレイ辺方向の凹み 2 2 の透明樹脂層の厚み D より、図 3 (b) のマイクロレンズアレイ対角方向の凹み 2 3 の透明樹脂層の厚み $D \times y$ は約 $0.4 \mu\text{m}$ 薄く形成されている。この対角方向の凹み 2 3 の透明樹脂層の厚み $D \times y$ は、樹脂レンズ 2 1 b 形成後のアンダーコート層 1 7 のエッチング量と塗布形成される透明樹脂の膜厚や透明樹脂液の性状により調整可能である。対角方向のレンズ間非有効部は面積比率も高く、平坦に形成されると、その非有効部からの表面反射が固体撮像素子のカバーガラスから再反射、再入射してスミアなどのノイズ光の原因となり、固体撮像素子の特性を劣化させる。マイクロレンズアレイ対角方向のマイクロレンズ 4 0 間の凹み 2 3 の透明樹脂層の膜厚 $D \times y$ を薄く形成することにより、固体撮像素子の特性改善に大きな効果がある。

【 0 0 2 1 】

樹脂レンズ 2 1 c 及び凹み上の透明樹脂層 1 7 は、真空成膜などの高価な手法を取らずに、透明樹脂をスピンコートのような低コストで簡便な方法で形成できるメリットがあるが、 $1 \mu\text{m}$ 以下のサブミクロン領域を安定して再現するには、十分な条件設定が不可欠である。

透明樹脂塗布後の透明樹脂層 1 7 の膜厚や凹み 2 2 及び凹み 2 3 の埋まり具合は、溶剤の極性や用いる樹脂の凝集力、チキソ性、また、界面活性剤の有無や添加量、液温や基板温度、下地の条件、コート条件により影響を受ける。鋭意検討の結果、本発明者らは、サブミクロン領域でマイクロレンズアレイ辺方向のマイクロレンズ間のギャップを再現できる透明樹脂層 1 7 の膜厚は、 $0.3 \mu\text{m}$ 以下の薄い膜厚である必要があることを見いだした。 $0.3 \mu\text{m}$ を超える膜厚では、レンズ間の凹みが埋まりすぎて、狭ギャップが得られなくなり、また、 $0.03 \mu\text{m}$ 以下の薄膜では樹脂の塗布液が希薄溶液系のため不安定となり、塗布時に均質な膜形成となりにくい。また、マイクロレンズ間の凹みは、マイクロレンズアレイ対角方向より辺方向が埋まりやすいため、マイクロレンズアレイ辺方向のマ

マイクロレンズ間のギャップをコントロールするためには、塗布液の性状やコート条件で左右されるが、透明樹脂の塗布時のムラ発生等を考慮した結果凹み 2 2 及びの凹み 2 3 の深さは、 $1.5\mu\text{m}$ から $0.05\mu\text{m}$ の範囲内で形成しなければならない。

【0022】

マイクロレンズ 4 0 を形成するための樹脂レンズ 2 1 c の辺方向のギャップをあらかじめ $0.6\mu\text{m}$ 以下、たとえば、 $0.5\mu\text{m}$ ～ $0.3\mu\text{m}$ のギャップにしておく必要がある。この事由については、以下の固体撮像素子の製造方法にて説明を加える。

【0023】

以下、本発明の固体撮像素子の製造方法について図面を用いて説明する。

図 4 (a) ～ (e) は、本発明の固体撮像素子の一実施例の製造方法を工程順に示す構成部分断面図である。尚、図 4 (b) ～ 図 4 (d) では平坦化層 1 6 から半導体基板 1 1 の部分を省略してある。

まず、光電変換素子 1 2 及び遮光部 1 3 が形成された半導体基板 1 1 上に透明樹脂溶液をスピナーで塗布し、所定厚の平坦化層 1 4 を形成する。次に、平坦化層 1 4 上に Red、Green、Blue からなる 3 色のカラーフィルタ 1 5 を形成する。次に、所定厚の平坦化層 1 6 及びアンダーコート層 1 7 を形成し、アンダーコート層 1 7 上に樹脂レンズの基材からなる感光性樹脂溶液をスピナーで塗布し、感光性樹脂層 2 1 を形成する (図 4 (a) 参照)。

【0024】

次に、感光性樹脂層 2 1 を所定のパターンを有するフォトマスクを用いて、露光・現像等の一連のパターニング処理を行ってアンダーコート層 1 7 上に樹脂パターン層 2 1 a を形成する (図 4 (b) 参照)。

本発明の固体撮像素子は、 $0.3\mu\text{m}$ 以下のいわば半導体レベルの微細な領域の技術であるため、樹脂パターン層 2 1 a 間のギャップも $0.6\mu\text{m}$ 以下で形成し、感光性樹脂層 2 1 の膜厚を $0.3\mu\text{m}$ 以下で薄く形成することで、狭ギャップを達成することが極めて容易となる。

【0025】

次に、樹脂パターン層 2 1 a を所定の温度で加熱・軟化させることにより凸レンズ状の樹脂レンズ 2 1 b を形成する（図 4（c）参照）。

【 0 0 2 6 】

次に、樹脂レンズ 2 1 b をマスキレジストにして樹脂レンズ 2 1 b 間のアンダーコート層 1 7 をアッシングやドライエッチング等の手法で異方性の強いエッチングを行うことにより樹脂レンズ 2 1 c、辺方向の凹み 2 2 及び対角方向の凹み 2 3 形成する（図 4（d）参照）。凹み 2 2 及び凹み 2 3 の深さは請求項 6 に示すように、 $0.05\mu\text{m}\sim 1.5\mu\text{m}$ の範囲に抑える必要がある。さらに、請求項 3 に示すように樹脂レンズ 2 1 b の形状を保持するため、アンダーコート層 1 7 は樹脂レンズ 2 1 b の基材よりエッチングレート（通常 3 倍程度）の高い樹脂を選定し、樹脂レンズ 2 1 b の基材は、屈折率等の光学特性を満足する材料を選定することが重要になる。

【 0 0 2 7 】

次に、樹脂レンズ 2 1 c 及び凹み 2 2 及び凹み 2 3 上に所定の透明樹脂溶液をスピナー等により塗布し、樹脂レンズ 2 1 c 上に所定厚の透明樹脂層 3 1 を、辺方向の凹み 2 2 に所定厚の透明樹脂層 D を、対角方向の凹み 2 3 に所定厚の透明樹脂層 $D \times y$ を形成して、マイクロレンズ 4 0 及びマイクロレンズアレイ 5 0 が形成された本発明の固体撮像素子を得る（図 4（e）、図 3（a）及び図 3（b）参照）。

透明樹脂層 3 1 の膜厚は、 $0.3\mu\text{m}$ 以下の薄い膜厚が樹脂レンズ 2 1 c の形状を保持しやすく、狭ギャップを達成しやすい。膜厚が $0.4\mu\text{m}$ を超えると樹脂レンズ 2 1 c の形状を再現しにくくなり（レンズの谷間を埋め、平坦になる）、エッチング処理を施しても狭ギャップを得にくい。また、 $0.3\mu\text{m}$ 以下の有機樹脂薄膜を、スピコートなどの一般的かつ低コストの塗布方法で形成する場合、塗布液の粘度を大きく下げる（樹脂の固形比を減らす）必要がある。

しかしながら、固形比をさげると塗布液の乾燥時に均質な膜形成ができなくなる（乾燥時に樹脂分が凝集し、ランド状になる、あるいは希薄溶液のため不安定になり樹脂が溶媒溶液中で既に凝集してしまう）ため、実務的に塗布での透明樹脂の膜厚の下限は $0.01\mu\text{m}$ となる。なお、塗布液に塗布性や分散性を向上さ

せるために界面活性剤を添加したり、複数の溶剤種を混ぜたり、あるいは、樹脂の分子量や他樹脂の添加を行っても良い。また、塗布の前処理として軽くエッチング処理、プラズマ処理及び紫外線洗浄等を実施しても良い。

【 0 0 2 8 】

【実施例】

以下、実施例により本発明を詳細に説明する。

まず、光電変換素子 1 2、遮光部 1 3 が形成された半導体基板 1 1 上に、平坦化層 1 4、カラーフィルター 1 5 及び平坦化層 1 6 を順次形成し、平坦化層 1 6 上にエポキシ系の樹脂溶液をスピコートしてアンダーコート層 1 7 を形成した。

次に、フェノール系の感光性樹脂溶液（3 8 0 H：J S R 製）をスピナーで塗布、乾燥して、1. 2 μ m 厚の感光性樹脂層 2 1 を形成した。

次に、感光性樹脂層 2 1 を所定のパターンを有するフォトマスクを用いて、露光・現像等の一連のパターニング処理を行って、アンダーコート層 1 7 上に光電変換素子 1 2 の配列に対応した 5 μ m ピッチ、0. 6 μ m ギャップの樹脂パターン層 2 1 a を形成した。

【 0 0 2 9 】

次に、ホットプレートで 1 8 0 $^{\circ}$ C 3 分間加熱し、熱フロー処理を行い、アンダーコート層 1 7 上に辺方向のギャップ 0. 4 μ m、レンズの高さ 1. 5 μ m の樹脂レンズ 2 1 b を形成した。

【 0 0 3 0 】

次に、ドライエッチング装置に O₂ ガスを導入し圧力 2 0 P a、RF パワー 1 k w の条件で、基板温度常温で 2 5 秒間エッチング処理して、辺方向のギャップ 0. 5 μ m、レンズの高さ 1. 5 μ m の樹脂レンズ 2 1 c と深さ 0. 3 μ m の凹み 2 2 を形成した。ここで、アンダーコート層 1 7 と樹脂レンズ 2 1 c のエッチングレートは 3 / 1 になるような樹脂を選定した。

【 0 0 3 1 】

次に、熱硬化性のフェノール系樹脂溶液をスピコートして樹脂レンズ 2 1 c 上に 0. 1 μ m 厚の透明樹脂層 3 1 を形成し、0. 1 μ m ギャップのマイクロレ

ンズアレイ 50 を有する固体撮像素子を得た。

【0032】

本発明の固体撮像素子のマイクロレンズアレイ辺方向のマイクロレンズ 40 間の透明樹脂層の膜厚 D は $0.5 \mu\text{m}$ 、マイクロレンズアレイ対角方向のマイクロレンズ 40 間透明樹脂層の膜厚 D_{xy} は $0.1 \mu\text{m}$ であった。さらに、開口率を測定した結果 96% を示し、従来の固体撮像素子の開口率 64% に対し、大幅に向上しているのが確認された。

この結果、開口率の大幅な改善により感度が向上し、同時に固体撮像素子への斜め入射光の余分な反射を緩和し、スミアを解消した画像品位の高い固体撮像素子を得ることができる。

【0033】

【発明の効果】

本発明の固体撮像素子に用いるマイクロレンズアレイは、あらかじめ樹脂レンズ間に凹みを形成して、 $0.3 \mu\text{m}$ 以下の薄い樹脂膜を積層するため、レンズの開口率を大幅に改善することができ、200 万画素を超える高精細、高性能な固体撮像素子を提供できる。

マイクロレンズアレイの辺方向及び対角方向のマイクロレンズ間の透明樹脂層の膜厚をコントロールできるため、そのレンズ機能を補完するとともに、反射光に起因するノイズを解消できる効果がある。

さらに、本発明の製造方法によれば、マイクロレンズをスピコートとエッチングといった簡単なプロセスで製造できるため、高精度のマイクロレンズを安定に再現性良く作成でき、高精細固体撮像素子の製造で発生しがちなムラ不良を避けることができる。

さらに、本発明のマイクロレンズ形成プロセスにおいて、高価な真空機器を使用するプロセスは、短時間処理のエッチング（あるいはアッシング）のみであり、スループットが向上し、低コストの固体撮像素子を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施例を示す固体撮像素子の部分平面図である。

【図 2】

図 1 の平面図を A - A 線で切断した固体撮像素子の部分模式断面図である。

【図 3】

(a) は図 1 の平面図を B - B 線で切断したマイクロレンズ及びアンダーコート層の部分模式断面図である。

(b) は図 1 の平面図を C - C 線で切断したマイクロレンズ及びアンダーコート層の部分模式断面図である。

【図 4】

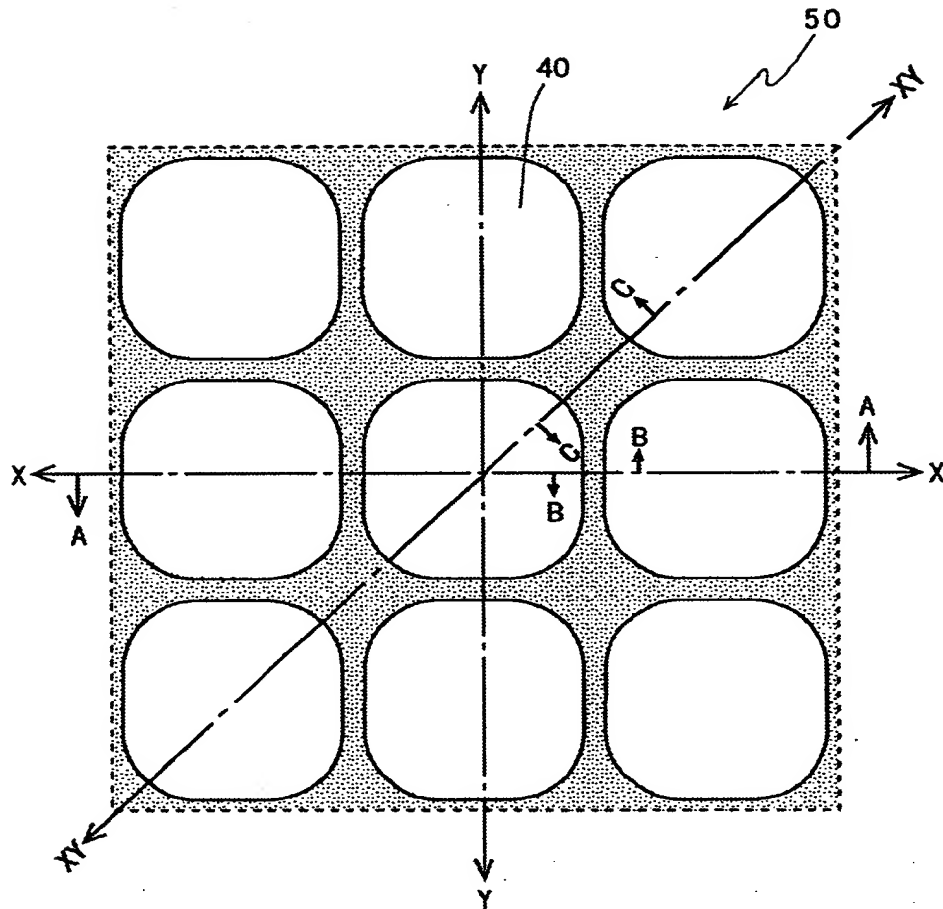
(a) ~ (e) は、本発明の固体撮像素子の一実施例の製造方法を工程順に示す構成部分断面図である。

【符号の説明】

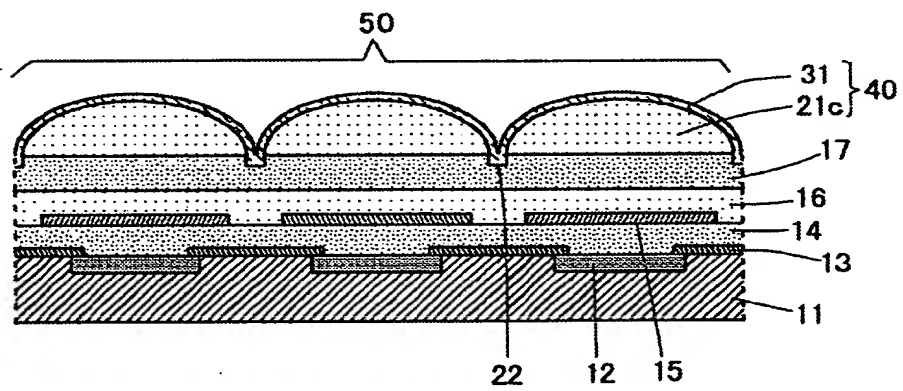
- 1 1 ……半導体基板
- 1 2 ……光電変換素子
- 1 3 ……遮光部
- 1 4、1 6 ……平坦化層
- 1 5 ……カラーフィルタ
- 1 7 ……アンダーコート層
- 2 1 ……感光性樹脂層
- 2 1 a ……樹脂パターン層
- 2 1 b、2 1 c ……樹脂レンズ
- 2 2 ……辺方向の凹み
- 2 3 ……対角方向の凹み
- 3 1 ……透明樹脂層
- 4 0 ……マイクロレンズ
- 5 0 ……マイクロレンズアレイ

【書類名】 図面

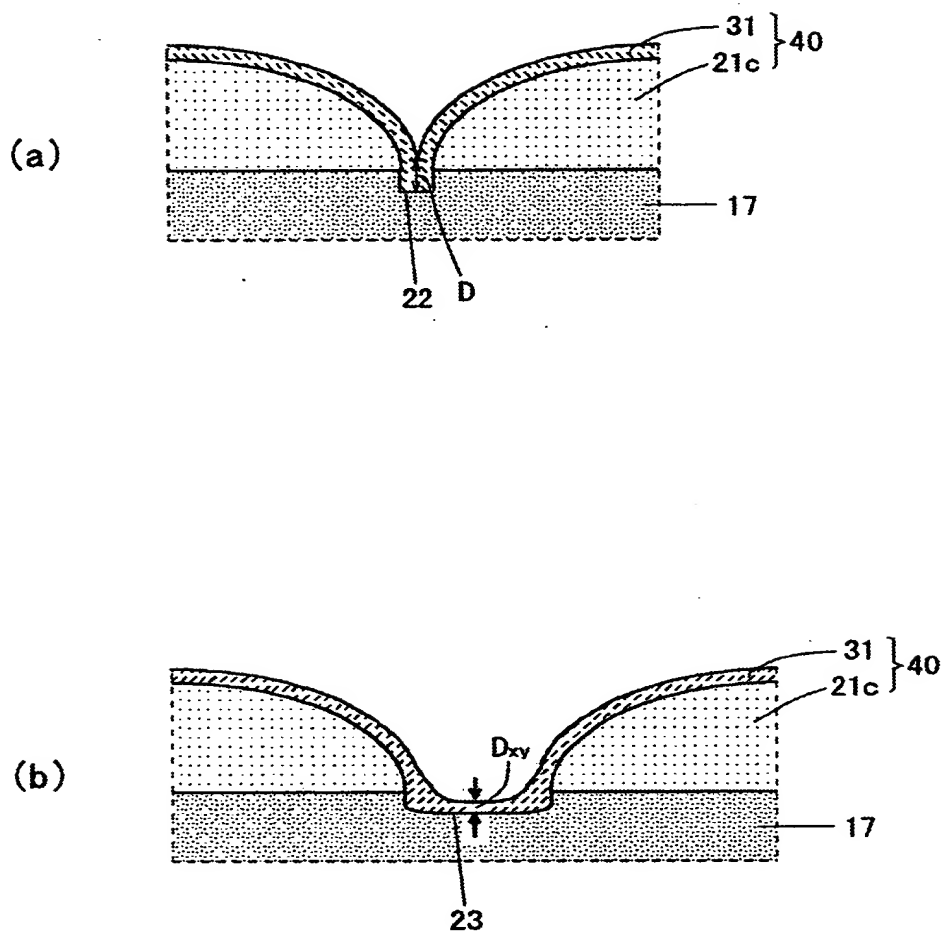
【図 1】



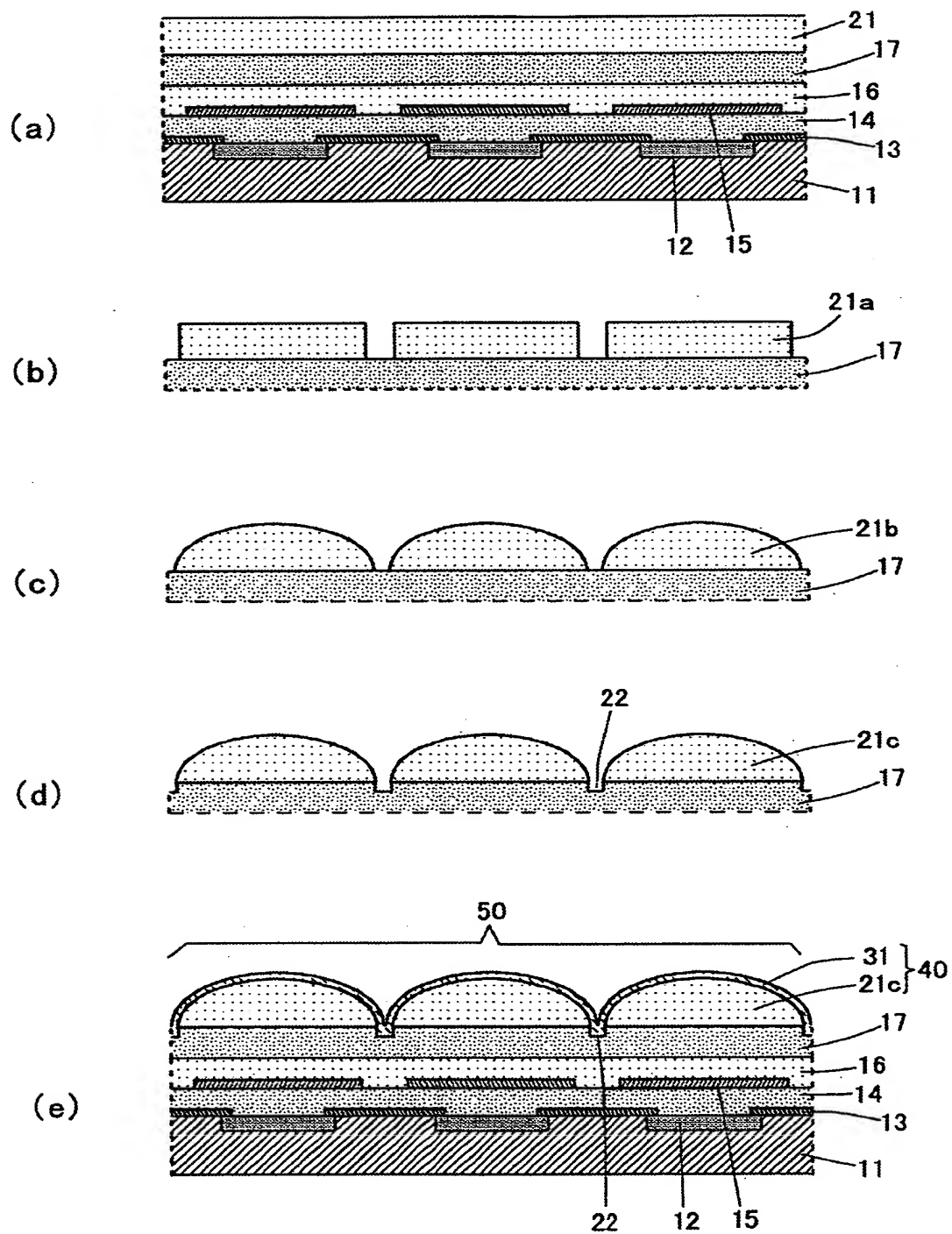
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 固体撮像素子の受光部の受光効率を上げ、固体撮像装置の感度や画質を向上できる固体撮像素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 半導体基板 1 1 に光電変換素子 1 2、遮光部 1 3、平坦化層 1 4、カラーフィルタ 1 5、平坦化層 1 6 及びアンダーコート層 1 7 を形成し、さらに、樹脂レンズ 2 1 b を形成し、樹脂レンズ 2 1 b をマスクレジストにして樹脂レンズ 2 1 b 間のアンダーコート層 1 7 をエッチング処理して樹脂レンズ 2 1 c、辺方向の凹み 2 2 及び対角方向の凹み 2 3 を形成する。さらに、樹脂レンズ 2 1 c 及び凹みに所定厚の透明樹脂層 3 1 を形成して、マイクロレンズ 4 0 及びマイクロレンズアレイ 5 0 を有する固体撮像素子を得る。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003193]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都台東区台東1丁目5番1号
氏 名	凸版印刷株式会社